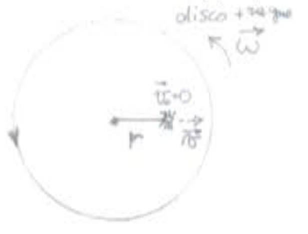
10+10+10 = 30/30 SOLUZIONE L. VITALE

Università di Trieste A.A. 2017/2018 Lauree Triennali in Ingegneria **A**

FISICA GENERALE 1, Prova Scritta, 04.09.2018

Cognome COGNOME **Nome** NOME **CdS:** IND/NAV **Anno** 1°

Istruzioni:
Per ciascuna domanda rispondere fornendo solo il risultato finale: la grandezza incognita espressa simbolicamente in funzione delle grandezze date, e poi il corrispondente risultato numerico, con il corretto numero di cifre significative e con le unità di misura appropriate. Fare attenzione ai segni nelle risposte numeriche.



Problema 1. Un disco orizzontale ruota alla velocità angolare ω=4.7 rad/s rispetto ad un osservatore inerziale. Un ragno, alla distanza r = 1.5 cm dal centro del disco, è inizialmente fermo rispetto al disco come mostrato in Figura. Il coefficiente di attrito statico fra il ragno e il disco è μ_S= 0.080.

(a) Disegnare il diagramma a corpo libero del ragno e descrivere il suo moto nel sistema inerziale.

4 Il ragno è un corpo in moto circolare uniforme rispetto all'osservatore inerziale ⇒ la forza risultante è centripeta;

$m\vec{g}$ forza peso
$\vec{F}_N$ reazione normale del disco $|\vec{F}_N| = mg$
$\vec{F}_a$ forza di attrito statico (centripeta)

(b) Scrivere la legge di Newton per il ragno 1) nel sistema inerziale e 2) nel sistema non inerziale del disco in rotazione.

3

1) Sistema inerziale

$$m\vec{a} = \sum \vec{F} = \vec{F}_a \ (\leq \mu_s m g \hat{r})$$

$$m\vec{a}_c = \vec{F}_a \qquad \vec{a}_c = -\omega^2 r \hat{r}$$

accelerazione centripeta

2) Sistema non inerziale

$$\underset{0}{m\vec{a}'} = \underbrace{\sum \vec{F}}_{\vec{F}_a} + \underbrace{\vec{F}_{app}}_{\text{forze inerziali}}$$

$-m\vec{a}_c$ forza centrifuga

(c) Ad un certo istante il ragno inizia a muoversi in direzione radiale, verso l'esterno, con velocità relativa *v*= 1.0 cm/s. A quale distanza dal centro del disco il ragno inizierà a slittare? Suggerimento, in questo caso conviene mettersi nel sistema non inerziale del ragno e usare le due forze ~~non~~ inerziali centrifuga $-m\vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r})$ e di Coriolis $-2m\vec{\omega} \times \vec{v}$.

3 Il moto in questo caso è a "spirale" per l'osservatore inerziale (questo non era richiesto). Nel sistema non inerziale ci sono ora le due forze apparenti che sono entrambe orizzontali e ortogonali fra loro $|\vec{F}_{app}| = \sqrt{m^2\omega^4 r^2 + 4m^2\omega^2 v^2} \leq \mu_s m g \Rightarrow r_{max} = \sqrt{\frac{\mu_s^2 g^2 - 4\omega^2 v^2}{\omega^4}} = 3.5\ cm$

Problema 2. Un disco omogeneo di massa 180 g e diametro 30.48 cm ruota sul piano orizzontale a 33.33 giri al minuto attorno ad un asse fisso verticale passante dal centro del disco. Ad un certo istante una piccola palla di plastilina di massa 30 g cade verticalmente da 10 cm di altezza dal disco e si attacca all'estremità del disco (urto completamente anelastico). Si calcolino:

(a) momento di inerzia finale ***I_f*** del sistema del sistema disco-pallina rispetto all'asse fisso di rotazione;

3

$$I_f = \frac{1}{2} m_d r_d^2 + m_p r_d^2 = 2.79 \cdot 10^{-3}\ Kg\, m^2$$

$$r_d = 0.1524\ m$$

$$\omega_i = 2\pi \frac{33.33}{60} = 3.49 \text{ rad/s}$$

(b) velocità angolare finale ω_f;

Urto completamente anelastico & asse fisso $\Rightarrow$ si conserva solo la componente verticale L_z del momento angolare

4 $L_{zi} = I_d \omega_i + \phi$

$L_{zF} = I_F \omega_F$

$$\omega_F = \frac{1/2\, m_d r_d^2}{I_F} \omega_i = 2.61 \text{ rad/s}$$

(c) la variazione di energia cinetica del sistema nell'urto completamente anelastico disco-pallina

3 $K_i = \frac{1}{2} I_d \omega_i^2 + \underbrace{\frac{1}{2} m_p v_p^2}_{m_p g h} = 0.042 \text{ J}$

$K_F = \frac{1}{2} I_F \omega_F^2 = 0.0095 \text{ J}$

$\Delta K = K_f - K_i = -3.3 \cdot 10^{-2}$

Problema 3 In una centrale elettro-nucleare, l'energia prodotta dalla fissione fa bollire l'acqua in pressione alla temperatura T_C = 325 °C (la temperatura della sorgente calda). Il vapore acqueo così prodotto alimenta una turbina che genera una potenza meccanica P = 850 MW, e viene poi ritrasformato in acqua in un condensatore alla temperatura T_F = 40 °C (sorgente fredda). Per mantenere costante la temperatura del condensatore, il calore ceduto ad esso dal vapore che condensa viene asportato dall'acqua di un fiume, che scorre con una portata Q_V = 130 m^3/s ed ha, a monte della centrale, la temperatura T_1 = 17.0 °C.

(a) Quanto varrebbe il rendimento massimo η_{rev} della centrale, in base alle limitazioni imposte dal Secondo Principio della termodinamica?

$T_C = 325°C = 273.15 \text{ K} + 325 \text{ K} = 598.15 \text{ K}$

2 $T_F = 40°C = 313.15 \text{ K}$

$$\eta_{rev} = 1 - \frac{T_F}{T_C} = 0.476 = 47.6\%$$

(b) Se il rendimento reale è $\eta = (3/4)\, \eta_{rev}$, quanto vale la potenza termica ceduta al condensatore (sorgente fredda)?

$$\eta = \frac{W}{Q_C} = \frac{Q_C - |Q_F|}{Q_C}$$

Si richiede $P_F = \frac{Q_F}{\Delta t}$

e sono noti $P = \frac{W}{\Delta t}$ e η

4 $\eta = \frac{3}{4} \eta_{rev} = 0.357$

In 1s $W = P \cdot 1\text{s} = 850 \text{ MJ}$

$|Q_F| = Q_C - W = \frac{W}{\eta} - W = W\left(\frac{1}{\eta} - 1\right)$

$P_F = Q_F / 1\text{s} = 1.53 \text{ GW}$

(c) Quanto vale la temperatura T_2 dell'acqua del fiume a valle della centrale? (Il calore specifico dell'acqua è c = 4.185 kJ/(kg K))

4 $|Q_F| = m\, c\, \Delta T$

ΔT variazione di temperatura T dell'acqua $= T_2 - T_1$

$\Delta T = \frac{|Q_F|}{m c} = 2.81 \text{ K}$

m massa d'acqua che fluisce in 1 s $= \rho_{acqua} Q_V \cdot 1\text{s} = 1.3 \cdot 10^5 \text{ kg}$

$T_2 = T_1 + \Delta T = 19.8 °C$

SOLUZIONE BREVE

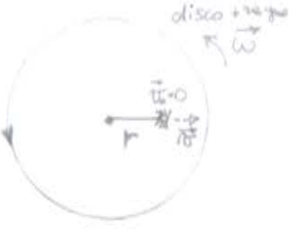
Università di Trieste A.A. 2017/2018 Lauree Triennali in Ingegneria **A**

FISICA GENERALE 1, Prova Scritta, 04.09.2018

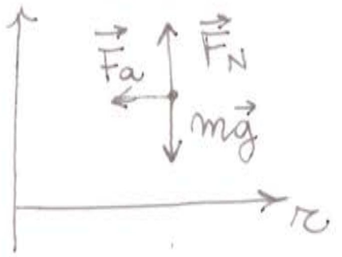
Cognome ....Nome .... CdS: .... Anno ....

Istruzioni:
Per ciascuna domanda rispondere fornendo solo il risultato finale: la grandezza incognita espressa simbolicamente in funzione delle grandezze date, e poi il corrispondente risultato numerico, con il corretto numero di cifre significative e con le unità di misura appropriate. Fare attenzione ai segni nelle risposte numeriche.

Problema 1. Un disco orizzontale ruota alla velocità angolare ω=4.7 rad/s rispetto ad un osservatore inerziale. Un ragno, alla distanza r = 1.5 cm dal centro del disco, è inizialmente fermo rispetto al disco come mostrato in Figura. Il coefficiente di attrito statico fra il ragno e il disco è μ_S= 0.080.



(a) Disegnare il diagramma a corpo libero del ragno e descrivere il suo moto nel sistema inerziale.



Moto circolare uniforme

$\vec{F}_N = -m\vec{g}$ reazione normale del disco

$\vec{F}_a$ forza di attrito (centripeta

(b) Scrivere la legge di Newton per il ragno 1) nel sistema inerziale e 2) nel sistema non inerziale del disco in rotazione.

1) sist. inerziale

$$m\vec{a} = \sum \vec{F} = \vec{F}_a$$

$$a_c = -\omega^2 r \hat{r}$$

2) Sist. non inerziale

$$\underbrace{m\vec{a}'}_{=0} = \vec{F}_a + \underbrace{\vec{F}_{app}}_{-ma_c}$$

(c) Ad un certo istante il ragno inizia a muoversi in direzione radiale, verso l'esterno, con velocità relativa v= 1.0 cm/s. A quale distanza dal centro del disco il ragno inizierà a slittare? Suggerimento, in questo caso conviene mettersi nel sistema non inerziale del ragno e usare le due forze non inerziali centrifuga $-m\vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r})$ e di Coriolis $-2m\vec{\omega} \times \vec{v}$.

$$\vec{r}_{max} = \sqrt{\frac{\mu_s^2 g^2 - 4\omega^2 v^2}{\omega^4}} = 3.5 \text{ cm}$$

Problema 2. Un disco omogeneo di massa 180 g e diametro 30.48 cm ruota sul piano orizzontale a 33.33 giri al minuto attorno ad un asse fisso verticale passante dal centro del disco. Ad un certo istante una piccola palla di plastilina di massa 30 g cade verticalmente da 10 cm di altezza dal disco e si attacca all'estremità del disco (urto completamente anelastico). Si calcolino:

(a) momento di inerzia finale I_f del sistema del sistema disco-pallina rispetto all'asse fisso di rotazione;

$$I_f = \frac{1}{2} m_d r_d^2 + m_p r_d^2 = 2.79 \cdot 10^{-3} \text{ Kgm}^2$$

(b) velocità angolare finale ω_f; Si conserva L_z

$$\omega_f = \frac{I_d}{I_f}\omega_i = 2.61\ \text{rad/s}$$

(c) la variazione di energia cinetica del sistema nell'urto completamente anelastico disco-pallina

$$\Delta K = K_f - K_i = \frac{1}{2} I_f \omega_f^2 - \frac{1}{2} I_d \omega_i^2 - mgh = -3.3 \cdot 10^{-2}$$

Problema 3 In una centrale elettro-nucleare, l'energia prodotta dalla fissione fa bollire l'acqua in pressione alla temperatura T_C = 325 °C (la temperatura della sorgente calda). Il vapore acqueo così prodotto alimenta una turbina che genera una potenza meccanica P = 850 MW, e viene poi ritrasformato in acqua in un condensatore alla temperatura T_F = 40 °C (sorgente fredda). Per mantenere costante la temperatura del condensatore, il calore ceduto ad esso dal vapore che condensa viene asportato dall'acqua di un fiume, che scorre con una portata Q_V = 130 m^3/s ed ha, a monte della centrale, la temperatura T_1 = 17.0 °C.

(a) Quanto varrebbe il rendimento massimo η_{rev} della centrale, in base alle limitazioni imposte dal Secondo Principio della termodinamica?

$$\eta_{rev} = 1 - \frac{T_F}{T_C} = 0.476$$

(b) Se il rendimento reale è η = (3/4) η_{rev}, quanto vale la potenza termica ceduta al condensatore (sorgente fredda)?

$$P_F = P\left(\frac{1}{\eta} - 1\right) = 1.53\ \text{GW}$$

(c) Quanto vale la temperatura T_2 dell'acqua del fiume a valle della centrale? (Il calore specifico dell'acqua è c = 4.185 kJ/(kg K))

$$T_2 = T_1 + \frac{P_F}{\rho Q_V \cdot c} = 19.8\,°C$$